

**VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ -
TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA**

Hornicko - geologická fakulta

Institut geodézie a důlního měřictví

Geodetický monitoring výstavby mostu 206 v Povážské Bystrici

**Geodetical Works on the Construction of the 206 Bridge in Považská
Bystrica**

diplomová práce

Autor:

Ing. Roman Taškár

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Václav Mikulénka, Ph.D

Ostrava 2011

Zadání diplomové práce

Student: **Ing. Roman Taškár**
Studijní program: N3646 Geodézie a kartografie
Studijní obor: 3646T007 Inženýrská geodézie
Téma: **Geodetický monitoring výstavby mostu 206 v Povážské Bystrici**
Geodetical Works on the Construction of the 206 Bridge in Povážská Bystrica

Zásady pro vypracování:

1. Připojení k referenční síti
2. Kontrolní měření prováděné v průběhu výstavby
3. Číselné a grafické vyhodnocení

Seznam doporučené odborné literatury:

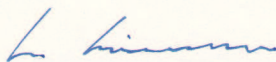
STANĚK, V.: *Meranie posunov a deformácií pri zaťažkových skúškach mostných objektov*, In: Geodetické práce pri výstavbe a prevádzke mostných objektov, Liptovský Ján, 1985
STANĚK, V. a kolektiv: *Geodetické práce pri zaťažovacej skúške mosta Mladeže v Bratislave*, GaKO, 1991
MAJDÚCH, D., BOLHA, Ľ.: *Betónové mosty*, SVŠT Bratislava, 1977
ZVARA, J.: *Betónové mosty*, SVŠT Bratislava, 1985
NOVÁK, Z., PROCHÁZKA, J.: *Inženýrská geodézie 10*, Skripta ČVUT, 1998
MICHALČÁK, O., STANĚK, V. VESELÝ, M.: *Inženýrská geodézia II.*, Alfa Bratislava, 1990

Formální náležitosti a rozsah diplomové práce stanoví pokyny pro vypracování zveřejněné na webových stránkách fakulty.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Václav Mikulénka, Ph.D.**

Datum zadání: 31.10.2010

Datum odevzdání: 30.04.2011



Ing. Václav Mikulénka, Ph.D.
vedoucí institutu

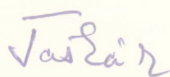


prof. Ing. Vladimír Slivka, CSc., dr.h.c.
děkan fakulty

Prohlášení

- Celou diplomovou práci včetně příloh, jsem vypracoval samostatně a uvedl jsem všechny použité podklady a literaturu.
 - Byl jsem byl seznámen s tím, že na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č.121/2000 Sb. - autorský zákon, zejména § 35 – využití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a využití díla školního a § 60 – školní dílo.
 - Beru na vědomí, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně, ke své vnitřní potřebě, diplomovou práci užít (§ 35 odst. 3).
 - Souhlasím s tím, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího diplomové práce.
- Souhlasím s tím, že údaje o diplomové práci, obsažené v Záznamu o závěrečné práci, umístěném v příloze mé diplomové práce, budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.
- Bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona.
 - Bylo sjednáno, že užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

V Ostravě dne 29. 4. 2010


Ing. Roman Taškár

PODĚKOVÁNÍ

Za cenné rady a pomoc při vypracování závěrečné diplomové práce srdečně děkuji konzultantovi Ing. Petrovi Ferančíkovi a vedoucímu práce Ing. Václavu Mikulenkovi, Ph.D.

Anotace:

V této diplomové práci popisují geodetický monitoring při výstavbě části mostu 206 v Povážské Bystrici. Na začátku je uvedena klasifikace výstavby mostních objektů technologii letmé betonáže. Dále je pozornost zaměřena na geodetické práce při výstavbě mostních objektů a legislativu geodetických a kartografických prací ve stavebním procesu, které by měl geodet znát a při výkonu své činnosti dodržovat. V dalších kapitolách jsou teoreticky popsány vytyčovací práce jednotlivých fází průběhu výstavby a přesnost měřických činností. Druhá část práce popisuje úsek výstavby, použité měřické a programové vybavení, vybudování vytyčovací sítě a geodetické práce při výstavbě konkrétního mostu SO 206.

Klíčová slova:

geodetický monitoring, výstavba mostu, letmá betonáž

Abstract:

In these Diploma deals with the activities of the surveyor at the construction of the bridge of section in Považská Bystrica. There is given the classification of bridge objects and their spatial arrangement, at the beginning of the work. We also target the geodetic participation in construction of bridge structures and regulation of geodetic and cartographic work in the building process, which a surveyor should know and keep in the performance of its activities. In the next few chapters are theoretically described the various stages of setting works and accuracy. The second part describes the sequence of construction, surveying and used software, construction of setting network and surveying work at the construction of a particular bridge SO 206.

Key word's:

geodetic monitoring, bridge construction, method free cantilever concreting

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

SPS	státní prostorová síť
LOKAL – 206	lokální souřadnicový systém 206
S-JTSK	systém – jednotné trigonometrické sítě katastrální
Bpv	Balt po vyrovnání
ETRS	Evropský terestrický referenční systém
SNS	státní nivelační síť
GPS	systém GPS
MNČ	metoda nejmenších čtverců
PBPP	podrobné body polohového pole
DWG, DXF	vektorový formát souboru software AutoCAD
STN	Slovenská technická norma
VS	vytyčovací síť
VSD	vytyčovací síť dálnice
ED	extra dosed
TP	třída presnosti
NK	nosná konstrukce
PT	polygónový tah

OBSAH

Úvod	1
1. Územní podmínky	2
1.1 Charakter překážek a silniční komunikace.....	2
2. Most 206 v Povážské Bystrici	3
3. Geodetický monitoring výstavby mostu 206	9
4. Připojení k referenční síti z roku 2004	10
4.1. Údaje o stávajícím polohovém a výškovém bodovém poli.....	10
4.2. Údaje o nově vybudované síti PBPP	11
4.2.1. Rozmístění bodů.....	11
4.2.2. Trvalá stabilizace a ochrana.....	11
4.3. Polohové měření ve vytyčovací síti.....	12
4.3.1. Metoda GPS.....	12
4.3.2. Polygonometrické měření.....	13
4.3.3. Výškové měření.....	13
4.3.4. Přesnost měření	15
4.3.5. Předání elaborátu.....	18
4.3.6. Použité přístroje a pomůcky	18
5. Kontrola parametrů VSD z roku 2008 a LOKAL 206	19
6. Měření v průběhu výstavby	21
6.1. Vytyčovací práce na pracovní spáře lamely	21
6.2. Osazení a vytyčení průchodek ED kabelů.....	22
6.3. Geodetické měření	25
6.4. Geodetický monitoring realizace výstavby	27
7. Číselné a grafické vyhodnocení naměřených údajů	29
7.1. Práce v terénu	29
7.2. Kancelářské práce	31
Závěr	33
Seznam literatury	34
Seznam obrázků.....	35
Seznam příloh.....	36

Úvod

Dálnice v Povážské Bystrici byla široce a dlouhodobě diskutovaným tématem, které provázelo mnoho negativních reakcí. Po prolomení vlny odpůrců se v roce 2008 konečně přistoupilo k realizaci její výstavby, která trvala necelé 2 roky.

Já jsem pracoval na výstavbě úseku Sverepec - Vrtižer. V této práci bych chtěl objasnit jednotlivé geodetické technologie, které se uplatňovaly během výstavby mostu 206, což je městská estakáda nad Centrem Povážské Bystrice. Práce obsahuje nejen praktické postupy, ale i reálně dosažené výsledky měření a tím doplňuje teoretickou část.

Cílem mé diplomové práce bylo přiblížit geodetický monitoring, který byl potřebný během výstavby tohoto objektu.

Dnes je dálnice vedoucí městem v plném provozu a pro nás, obyvatele Povážské Bystrice je určitě přínosem a usnadněním každodenního života.

1. Územní podmínky

Území pod začátkem mostu na kopci Šibeničník (první 2. pole - cca 83 m) je nezastavěné, v blízkosti mostu je vedena kanalizace dálnice obj. 501-02. V této lokalitě se nachází archeologické naleziště, které je předmětem archeologického průzkumu v rámci této stavby.

Dále most překlenuje prudký terénní výběžek kopce Šibeničník, který je cca 35 m nad přilehlým intravilánem města. Výškový rozdíl je překonáván polem 4-5 dl. 70,76 m. Další 4 pole v celkové délce 488,0 m jsou nad zastavěným intravilánovým územím města. Ostatní pole v celkové délce 312,0 m překonávají trať ŽSR a koryto řeky Váh s jeho inundačním územím.

1.1. Charakter překážek a silniční komunikace

Mostní objekt se nachází na dálnici D1 v staničení 3,934 až 4,903 km. Mostní objekt přemostňuje území, které je označováno jako "archeologicky významné". Dále přemostňuje intravilánovou část města Povážská Bystrica s křižujícími se ulicemi Štefánikova, Železniční a Okružní. V 3. poli překračuje potok Mošteník. Pole č.. 5 překonává trať ŽSR Žilina - Bratislava a pole č. 7 koryto řeky Váh. Pole č.. 6 a 8 jsou nad inundačním územím řeky Váh.

Převáděna komunikace na mostě je kategorie D 26,5 / 100. Volná šířka vozovky na mostě 2 x 11,75 m. Směrové vedení komunikace na úseku mostu od km 4,051 930 je přímé. Výškově komunikace klesá v skloně 2,2%. Příčný sklon vozovky je jednostranný konstantní +2,5% po km 3,980 35, pak se pravá strana začíná klopit kolem osy na -2,5% a od km 4,030 00 je střechovitě, konstantní 2,5% až po konec mostního objektu.

2. Most 206 v Povážské Bystrici

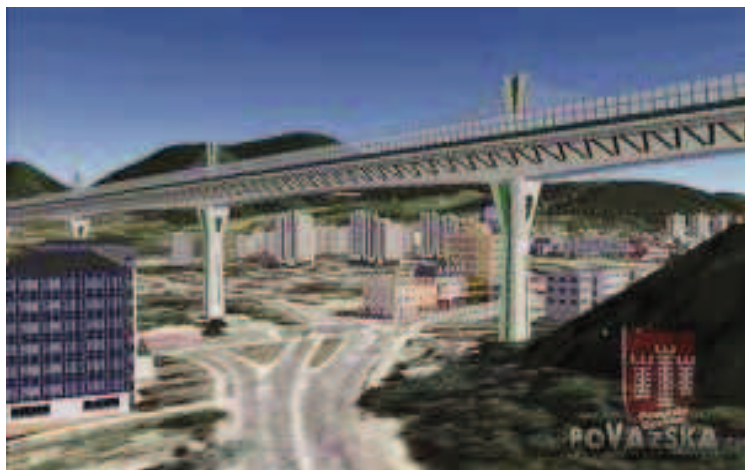
Most 206 je součástí dálnice D1 Sverepec - Vrtižer při Povážské Bystrici a přemostňuje inundačné území řeky Váh, větev křižovatky Centrum a polní cestu.



Obr.2.1. Situace mostu 206 v Povážské Bystrici

Městská estakáda v Povážské Bystrici je prvním dálničním mostem na území Slovenské republiky. Jeho nosná konstrukce nese celý dálniční profil a tuto konstrukci v příčném směru podpírá jen jedna podpěra. Toto neobvyklé řešení vyplynulo z požadavků co nejméně zasahovat do areálu města. Svou délkou 969 m je to také nejdelší mostní dilatační celek na Slovensku.

Most má 10 polí a jeho hlavní pole mají velkorysé rozpětí 122 m. Umístění podpěr bylo navrženo se snahou minimalizovat asanaci stávající zástavby. Hlavním nosným prvkem je mohutná komora, mostovka je po obou stranách komory podpírána šikmými tyčovými vzpěrami. Celková délka mostu je 968,73 m, šířka je 30,4 m, výška podpěr nad městem je od 23 do 33 m.



Obr. 2.2. Detail části mostu 206

V podélném směru je nosná konstrukce nesena systémem závěsů kotvených v 7 pylonech vysokých 14 m. "Vějíře" závěsů a tvarově zajímavý pylon tvoří dominantní prvek celé estakády.

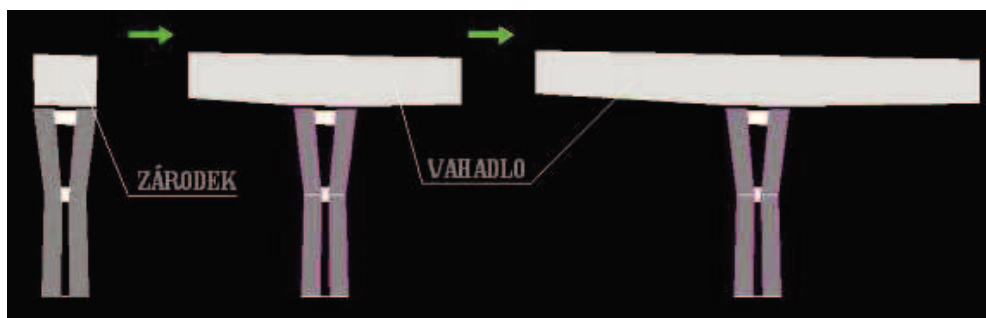
Založení mostu je hloubkové na vrtaných velkopřůměrových pilotách o průměru 1,22 m. Před zahájením vrtacích prací se ještě provedl doplňující geologický průzkum. V ose mostu se pod každou podpěrou realizovaly vrty (na jádro) o délce 20 m na upřesnění a ověření základových poměrů.

Samotný způsob výstavby mostu byl již od počátku projektování limitován snahou o minimální zásahy do fungování městských částí, jakož i požadovanou rychlostí výstavby. Polohy podpěr byly limitovány již existující zástavbou, polohou železnice, tokem Váhu, ale také nově budovanou křižovatkou. Tato skutečnost vyústila do rozpětí polí až 122 metrů. Proto se v prvních fázích projektování zvolila na výstavbu technologie vysouvání, které se přizpůsoboval celkový koncept mostu.

Během hledání nejvhodnějšího řešení se testovaly různé varianty mostu jako např. ocelová nebo tzv. svázaná konstrukce (ocelová konstrukce komory mostu s nadbetonovanou horní deskou). Výsledná železobetonová varianta zvítězila díky

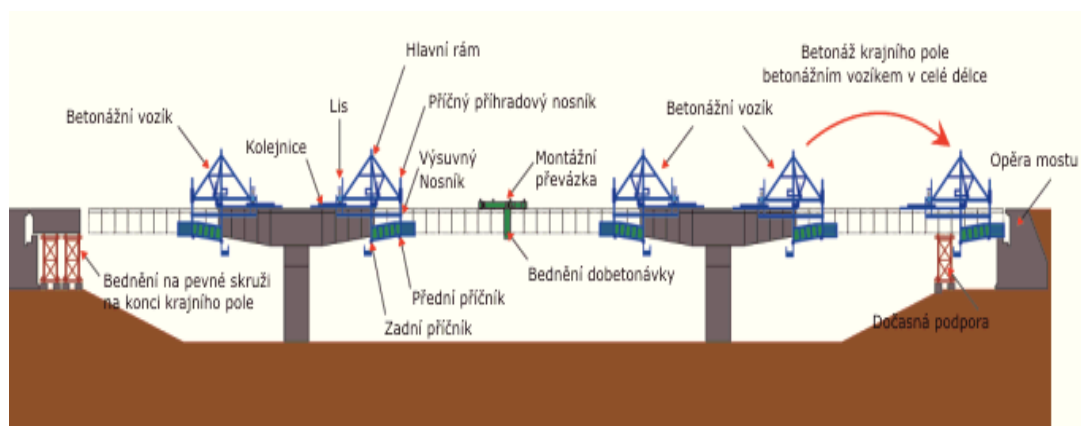
nižší ceně, ale také díky možnosti rychlejší výstavby. Výstavba celé městské estakády včetně pilířů trvala necelých 22 měsíců.

Jako nejvhodnější technologie, která umožnila splnit všechna stanovená kritéria, se nakonec ukázala technologie letmé betonáže. Při této technologii se most postupně buduje rovnoměrně od pilířů na obě strany. Vytvářejí se tzv. vahadla, které se nakonec vzájemně propojí a vznikne spojitá konstrukce.



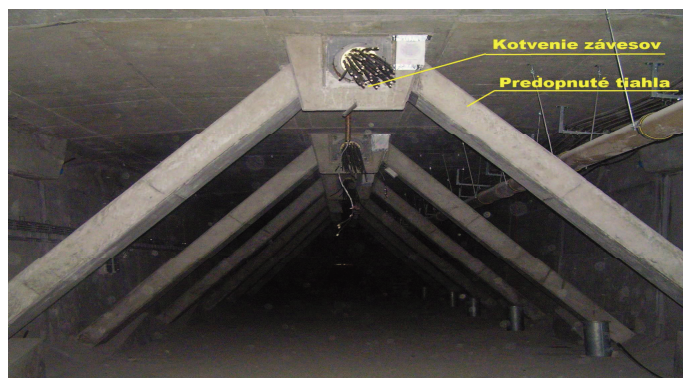
Obr. 2.3. Schéma konstrukce

Betonáž musela být prováděna přesně dle harmonogramu, aby nevznikaly nevyrovnané síly na vahadle. Vahadlo se muselo betonovat najednou a symetricky z obou stran tak, aby nedošlo k překročení povoleného limitu ani na jedné straně (např. pokud jedna strana při betonáži lamely se již zabetonovala o těch povolených X kubíků víc než druhá, muselo se čekat dokud ji druhá strana doběhne a až pak mohli pokračovat v další betonáži). Stabilizace vahadla se zajistila zvoleným tvarem pilířů a tudíž se nemusely se budovat žádné dočasné podpěry. Tvarování pilířů se tedy logicky přizpůsobilo technologii výstavby a průběhu vnitřních sil.



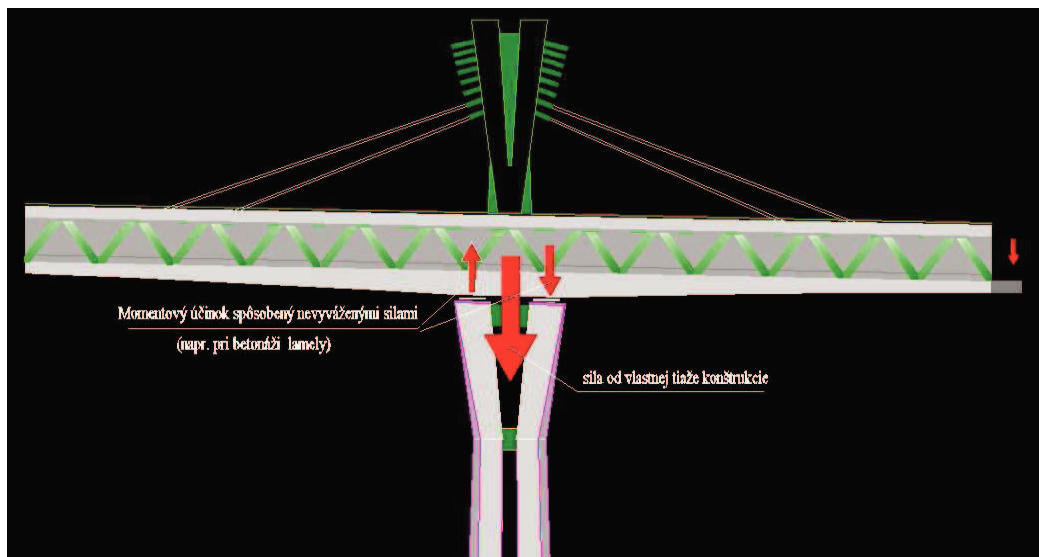
Obr. 2.4. Stabilizace vahadla

Výška pylonů a počet závěsů se několikrát měnil a byla i jistá varianta v níž se s pylonem a závěsy vůbec nepočítalo. Výsledný počet závěsů a výška pylonů byl nakonec zvolena zejména z estetického hlediska tak, aby tyto závěsy byly viditelné z většiny pohledů zdola z města. Vyšší výška pylonů také zvýšila jejich účinnost.



Obr. 2.5. Kotvení závěsů

Průřez mostu je komorový výšky 4,7 až 6 metrů. Samotný průběh sil v rámci příčného řezu se dá velmi zjednodušeně poskytnout obrázek 2.6..



Obr. 2.6. Průběh sil v rámci příčného řezu

Protože beton má poměrně malou pevnost v tahu, jsou všechny tažené části předepnuté, tzn. je do nich pomocí napnutých lan, případně tyčí předem vnesena tlaková síla z níž se vlivem zatížení tento tlak "odčerpává" (tedy reálně od vnějších zatížení v nich tahová napětí nevzniknou).

Jde o první most na Slovensku stavěný uvedenou technologií. Vysouvání mostu se zárodky na napojení nosných konstrukcí ramp je ojedinělou technickou specialitou, která poněkud zkomplikovala nejen samotný projekt a vyžádala si i veliké časové nasazení všech zúčastněných. Metoda vysouvání je efektivní metoda výstavby mostů, i když technologicky velmi náročná a vyžaduje zkušené pracovníky. Celkově více než 900 m nosné konstrukce mostu se vyrobilo za přibližně 13 měsíců



Obr. 2.7. Pohľad na betonárskej vŕz

3. Geodetický monitoring výstavby mostu 206

Hlavní etapy měřických činností:

Měřické práce v predrealizačním období výstavby

- Rekognoskace a osazení bodů VSD v terénu
- Připojení k referenční síti
- Kontrola stability parametrů VSD a doplnění nových bodů
- Určení vybraných bodů VSD v systému Lokal 206

Měřické práce v průběhu výstavby

- Usměrňování prostorové polohy bednění betonáže a souvisejících pracovních postupů v součinnosti s projektantem a projektovým týmem
- Kontrola odchylek provedených stavebních prací
- Výpočet kubatur stavebních materiálů

Měřické práce v porealizačním období výstavby

- Zhotovení dokumentace skutečného provedení stavby
- Projekt dlouhodobého sledování po výstavbě



Obr. 3.1. Rektifikace zárodku pilíře

4. Připojení k referenční síti z roku 2004

Na stavbě Dálnice D1 Sverepec - Vrtižer, 1. úsek Dálnice D1 v km 0,000 - 4,900, byla zřízena jedna vytyčovací síť pro dvě firmy zhotovitele, firmu Skanska a firmu Doprastav. Vytyčovací síť (VSD) má tvar oboustranně připojeného polygonové tahu podél budoucí silnice, situovaného po její jedné straně. Vzdálenost bodů nepřekročila 300 m. Rozmístění bodů vytyčovací sítě se před stabilizací odsouhlasilo s odběratelem.

Poloha bodů vytyčovací sítě pro dálnici D1 (VSD) kat. území Sverepec, Povážská B., Orlové, Povážské Podhradie a Šebešťanová byla určena objednatel prací Dopravoprojekt a.s. Požadavkem objednatele z roku 2004 pro dodavatele Geoplán spol. s r.o., bylo určit souřadnice bodů v souřadnicovém systému S-JTSK v 2.třídě přesnosti a výšky v výškovém systému Bpv přesnou nivelací.

4.1. Údaje o stávajícím polohovém a výškovém bodovém poli:

V lokalitě se nachází relativně málo použitelných bodů ZBPP. Pro účely měření byly vybrány a nalezeny tyto body: 4608-12, 4604-34, 4619-4, 4609-8, 4608-14. Všechny uvedené body jsou čtvrtého a vyššího řádu kromě bodu 4608-14.

Pro vybudování vytyčovací sítě byly vybrány body ZBPP potřebné k určení transformačního klíče tak, aby byly vhodně rozmístěny kolem zájmové lokality, aby byly přístupné terénním vozidlem a aby byly vyššího řádu jako pátého. Ostatní body nebyly rekognoskovány ani použity. Souřadnice a výšky těchto bodů byly vybrány ze státní dokumentace Zprávy katastru Povážská Bystrica. Pro potřeby výškového měření byly z geodetického a kartografického ústavu v Bratislavě a ze státní dokumentace Zprávy katastru Povážská Bystrica vybrány a nalezeny tyto nivelační body:

Tab I. Nivelační body vybrány z katastru

Tah	číslo bodu
Scaj Beluša - Povážská Bystrica	Scaj - 24.1 (G46 - 514)
SAC Trenčianska Teplá - Žilina	SAC - 97.0.1 (G51 - 256)
SAd2 Orlové - Podjavorník	SAd2 - 10 (GZD - 696)

4.2. Údaje o nově vybudované síti PBPP:

4.2.1 Rozmístění bodů

Poloha bodů byla volena podél osy budoucí komunikace vždy na jedné straně. Body jsou vzdáleny většinou přibližně 100 až 300 m od sebe v závislosti na terénních podmínkách. Při mostních objektech a křižovatkách je bodové pole zhuštěná i po obou stranách komunikace pokud to vyžadovala situace. Pro nově zřízené body přidělil dne 10.09.2004 Katastrální úřad, Správa katastru Povážská Bystrica tato čísla PBPP: k.ú. Povážská Bystrica 2997-3032, k.ú. Povážské Podhradie 787-799. Signalizace bodů nebyla nutná pro budování sítě.

4.2.2. Trvalá stabilizace a ochrana

Body jsou stabilizovány pilířem nebo pažnicí. Pilíř je dlouhý 5m a vyčnívá cca 1.30m nad terénem a je obetonován zevnitř i zvenku.

Na hlavě pilíře se nachází ocelová deska tloušťky 15 mm s dírou průměru 16mm pro uchycení přístroje na nucenou centraci. Na boku pilíře je umístěná čepová Nivelační značka. Všechny pilíře jsou žluté barvy. Ostatní body byly stabilizovány obetonováním ocelovou pažnicí dlouhou 3m vyplněnou betonem s hřebovou značkou na povrchu. Ochrana bodů je zajištěna 2-3 zabetonovanými červenobílými tyčemi vysokými cca 2 m. Pozn.: Stabilizaci bodů si objednavatel zajistil sám.



Obr. 4.1. Nucena centrace TC1800 v piliři

4.3. Polohové měření ve vytyčovací síti

Při měření byly bodům přiděleny čísla 6001 až 6049. Srovnávací sestavení pracovních čísel a čísel přidělených správou katastru bylo součástí technické správy.

4.3.1. Metoda GPS

Body sítě byly zaměřeny statickou metodou. Přesnost zaručená výrobcem Trimble je pro tuto metodu $5\text{mm} \pm 1\text{ppm}$ při měření dvoufrekvenční aparaturou pro jednoduchý vektor (ne měření v síti, které ještě upřesněno výsledky). Délka observace byla 45-60 minut. Výšky antén byly měřeny s přesností na mm, vždy dvou násobně a výsledkem byl jednoduchý aritmetický průměr.

Na měření bylo použito pět dvojfrekvenčních přijímačů Trimble SSI 4000. Všechny body byly zaměřeny během dvou dnů. Dva přístroje tvořili základnu na známých bodech 4609-8, 4608-14. Bod 4608-14 má zároveň určen i geocentrické souřadnice v systému ETRS-89 epocha 2003.7. Ostatní tři přístroje byly použity jako rovery. Celé měření bylo provedeno v systému ETRS-89, podobně i výpočet neznámých vektorů a jejich následné vyrovnání MNČ.

Všechny výpočty v systému ETRS-89 byly provedeny pomocí firemního software GPSurvey v.2.35. Bod 4608-14 byl ve výpočtu i ve vyrovnání fixován jako bod se známými geocentrickým souřadnicemi. Při transformaci souřadnic ze systému ETRS-89 do systému S-JTSK: byl zpracován transformační klíč využívající identické body: 4608-12, 4604-34, 4619-4, 4609-8. Výpočet byl proveden pomocí software DatTra. Na transformaci byl použit lineární prostorový model Molodensky-Badekas se 7 transformačními parametry. (blíže viz protokol určení souřadnic metodou GPS v S-JTSK). Parametry transformačního klíče:

translace: $dx = -578.098\text{m}$ $dy = -67.044\text{m}$, $DZ = -486.267\text{m}$

rotace: $wx = 2.66813\text{ sec}$, $wy = -3.40788\text{ sec}$, $wz = -2.90382\text{ sec}$

měřítko: $s = 0.99999416201$

Výsledkem transformace jsou rovinné souřadnice Y, X v systému S-JTSK a nadmořská výška. Nadmořské výšky však nelze použít, protože neznáme v dané lokalitě průběh kvazigeoidu tak přesně abychom mohli zaručit přesnost srovnatelnou s hodnotami pro přesnou geometrickou nivelaci.

4.3.2 Polygonometrické měření

Body 6021-6025, 6027 byly určeny oboustranně připojenými a orientovanými pol. tahy, s ohledem na podmínky měření (les, hustá zástavba).

4.3.3. Výškové měření

Výškové měření bylo provedeno metodou přesné geometrické nivelace ze středu. Byl použit digitální nivelační přístroj Topcon DL-101C se střední kilometrovou chybou obousměrné nivelace 0.4mm a souprava komparovaných nivelačních invarových latí délky 3m také značky Topcon. Při měření byla dodržena metodika měření "vzad1, vpřed1, vpřed2, vzad2", protože latě mají jenom jednu stupnici, opakované čtení bylo vždy z téže stupnice. Tento postup pomohl eliminovat chyby ze zapadání resp. stoupání přístroje a latí. Latě byly stavěny na masivní ploché podložky. Délky záměr na jednotlivé body nepřesáhly 50m. Body sítě byly určeny buď volným nebo vloženým tahem. Nivelační body SNS použité na připojení byly

vždy ověřeny alespoň na jeden další bod. Naměřené hodnoty byly zpracovány pomocí software nivelace v1.61 DL100 (Geodis Brno). Jednotlivé tahy byly vyrovnané MNČ.



Obr. 4.2. Nivelační lata

Postup měření:

tah N1 - nivelační tah mezi body 24.1 (SCaj Beluša - Povážská Bystrica) a 97.0.1 (SAC Trenčianska Teplá - Žilina). Výška bodu 24.1 byla ověřena připojením na bod 23.2 (SCaj Beluša - Povážská Bystrica) a výška bodu 97.0.1 byla ověřena připojením na bod 33.2 (Scaj Beluša - Povážská Bystrica). Určeny byly body č.2997, 3003 - 3020 (k.ú. Povážská Bystrica).

tah N1.1 - nivelační tah mezi body 2997 (tah N1) k.ú. Pov. Bystrica a 3003 (tah N1) k.ú. Pov. Bystrica. Určeny byly body č.. 2998 - 3002 (k.ú.Pov. Bystrica).

tah N2 - nivelační tah mezi body 97.0.1 (SAC Trenčianska Teplá - Žilina). a 10 (SAD Orlové - Podjavorník). Výška bodu 10 byla ověřena připojením na bod 11 (SAD Orlové - Podjavorník). Určeny byly body č.3021 - 3024, 3030-3032 (k.ú. pův. Bystrica) a č.. 787 - 792 (k.ú. Povážské Podhradie).

tah N2.1 - nivelační tah mezi body 3023 (tah N2) k.ú. Pov. Bystrica a 3024 (tah N2) k.ú. Pov. Bystrica. Určeny byly body č.. 3025 - 3027 (k.ú.Pov. Bystrica).

tah N2.2 - nivelační tah mezi body 3030 (tah N2) k.ú. Pov. Bystrica a 3031 (tah N2) k.ú. Pov. Bystrica. Určeny byly body č.. 3028 a 3029 (k.ú.Pov. Bystrica).

tah N3 - nivelační tah měřený z bodu č.. 792 (tah N2) k.ú. Povážské Podhradie. Určeny byly body č.793 - 799 (k.ú. Povážské Podhradie).

4.3.4. Přesnost měření

- **Metoda GPS**

Přesnost určení bodů metodou GPS byla ověřena aposteriorním rozbořem výsledků. Vyrovnání pomocí MNČ v systému ETRS-89 je charakterizováno jednotkovou střední chybou určeného bodu. Max. chyba v souřadnici B (zem.šířka) je 19 mm a v souřadnici L (zem.délka) je 10mm. Střední jednotková chyba transformačního klíče je 0.03m. Přesnost určení horizontálních souřadnic bodů metodou GPS se mírně zhoršila transformací do S-JTSK. To je způsobeno především nejistotou určení daných identických bodů v systému S-JTSK. Při využití již výše uvedených transformačních parametrů se ukázalo, že síť S-JTSK nemá měřítkovou deformaci v dané lokalitě, to znamená, že při transformaci nedošlo k deformaci sítě, ale pouze k jejímu pootočení a posunutí. Vnitřní přesnost zůstala tedy na úrovni střední souřadnicové chyby (max. 22 mm). Závěrem můžeme konstatovat, že střední chyba $m_{xy} = 0.04\text{mm}$ určení bodu nebyla překročena, všechny body určené metodou GPS splňují 2. třídu přesnosti určení souřadnic v S-JTSK.

- **Polygometrické měření**

Přesnost měření polygonovými tahy byla ověřena podle instrukce na práce v PBPP č.984 121 I/93. Na základě dosažených hodnot můžeme konstatovat, že body určené tímto způsobem splňují 2. třídu přesnosti. Vytyčovací síť byla zaměřená v souřadnicovém systému S-JTSK se zavedením příslušných oprav délkového měření. Proto bylo doporučováno při vytyčování opravovat vytyčené délky o redukci z nadmožské výšky, zobrazení a atmosferické korekce. Oprava v dané lokalitě na 100m činí-**14mm**. Vytyčené směry není třeba redukovat.

- Přesnost výškového měření

Sřední chyba m_{OR} byla vypočtena:

$$m_{OR} = \frac{1}{2} \sqrt{\frac{1}{n_R} \left[\frac{\rho\rho}{R} \right]}$$

[1]

n_R je počet oddílů v tahu

p je rozdíl mezi měřením tam a zpět v oddíle

R je délka oddílu obousměrné nivelace v km

Přičemž oddíl byl vždy volen jako úsek mezi dvěma body sítě. Délky jednotlivých oddílů a uzávěry oddílů i vyrovnané převýšení byly uvedeny v příloze k VSD. Střední kilometrová chyba tahu se vypočte z rovnice:

$$m = m_{OR} \sqrt{L}$$

[2]

m_{OR} je střední chyba

L je délka tahu obousměrné nivelace v km

Tato chyba má charakter náhodné chyby a vyjadřuje vnitřní přesnost měření.

Rovněž byla srovnávána skutečná a mezní odchylka v nivelačním tahu. Podle rozdílu mezi měřením tam a zpět resp. v uzavřeném nivelačním okruhu pro každý tah. Tento rozdíl resp.uzáver v sobě zahrnuje i vliv systemetických chyb na měření působících po celé délce tahu. Tato chyba je samozřejmě větší než střední kilometrová chyba tahu. Obě chyby uvedené v bodech 1. a 2. byly kontrolovány podle mezní odchylky vypočtené ze vzorce:

$$m_o = 5\sqrt{L}$$

[3]

L je délka tahu obousměrné nivelace v km

Chyby uvedené ve vzorcích 1.a 2. jsou v tabulce II.

Kontrolne měřené tahy pro ověření výšky připojovacích bodů byly kontrolovány podle rozdílu (*použita literatura č.9*) mezi daným a nově naměřeným převýšením. Kritériem hodnocení byla mezní odchylka vypočtená ze vzorce:

$$m_o = 2 + 5\sqrt{L}$$

[4]

L je délka tahu obousměrné nivelace v km

Tab II. Střední chyby a rozdíly obousměrné nivelace

Tah	Délka tahu [km]	Mezní odchylka [mm]	Rozdíl tam a zpět [mm]	m_{OR} [mm]	m [mm]
N 1	5,600	11,83	4,85	0,44	1,03
N 1.1	1,834	6,77	-1,00	0,66	0,89
N 2	4,289	10,35	3,40	0,67	1,39
N 2.1	0,722	4,25	0,35	0,48	0,40
N 2.2	0,661	4,07	-0,3	0,30	0,25
N 3	1,993	7,06	2,30	0,41	0,58

Komentář [h1]:

Z hodnot středních chyb a rozdílů obousměrné nivelace uvedených v tab.II vyplývá že můžeme konstatovat, že působení systematických chyb v tazích je zhruba 2 až 5 násobně větší než náhodných. Hodnoty v tab. III dokumentují kritéria pro kontrolní měření. Daná kritéria přesnosti nebyla překročena ať už v přímých nebo kontrolních měřeních, tzn. že body byly určeny s přesností odpovídající čtvrtému řádu nivelačních sítí metodou přesné nivelace.

Tab III. Totožnost a neměnnost bodů SNS

Název tahu	Délka tahu [km]	Převýšení [m]	Převýšení [m]	Dosažená [mm]	Dovolená [mm]
N 1	5,600	-53,6673	-53,6718	-6,20	13,83
N 2	4,289	4,9986	5,0036	5,00	12,36

Komentář [h2]:

4.3.5. Předání elaborátu

Výsledný geodetický elaborát byl předán ve trojím vyhotovení objednavateli a jenou do státní dokumentace. Obsahoval: Technická zpráva, Přehledný náčrt PBPP v M 1:10 000, Seznam souřadnic a výšek použitých bodů, Seznam souřadnic a výšek, Geodetické údaje o PBPP.

4.3.6. Použité přístroje a pomůcky

5 ks GPS Trimble 4000 SSI, totální stanice Topcon GTS-300, sada odrazních hranoů Topcon pro měření s využitím nucené centrace, nivelační přístroj Topcon DL-101C, sada 3m nivelačních latí s invarovým pásem, počítač PC pentium, plotter HP 800 DJ a další pomůcky.



Obr. 4.3. Totální stanice Topcon GTS-300

5. Kontrola parametrů VSD z roku 2008 a LOKAL 206

Cílem prací v roce 2008 byla kontrola a určení parametrů vytyčovací sítě dálnice Sverepec - Vrtižer v km 0,0 - 4,9, kterou tvoří body č.. 3001 - 3029 (původní body) a body č.. 1 -15 (doplněné body ZVS).

Na vybraných bodech sítě (bod č.. 3017, 3029, 2, 4, 7, 8, 10, 14) bylo provedeno GPS měření. Poloha bodu se určovala statickou metodou s délkou observace 2 hodiny. Připojení na Státní Prostorovou síť (SPS) se realizovalo pomocí permanentních stanic SKPOS. Při výpočtu geocentrických souřadnic bodů určených statickou metodou se využíval software TrimbleTotalControl fy. Trimble. Výpočet souřadnic a výšek všech bodů v referenčním systému ETRS89 byl proveden metodou nejmenších čtverců. Při měření bylo využito dvoufrekvenční soupravy GPS TOPCON GB-500 (horizontální přesnost 3mm +1 ppm) a TOPCON HIPER + (horizontální přesnost 3mm +1 ppm). Vyrovnané souřadnice bodů s charakteristikami přesnosti jsou uvedeny v příloze VSD.

Pro transformaci souřadnic do souřadnicového systému S-JTSK a výškového systému Bpv byl využit software Dtplus. Polohové terestrické přeměření sítě bylo realizováno totální stanicí Leica TC 1800 s automatickou registrací naměřených údajů. Vodorovné délky byly měřeny obousměrně, vodorovné směry byly měřeny ve dvou skupinách. Při výpočtu souřadnic se využil programový systém PLS-2.1.

Souřadnice v systému S-JTSK

Při měření veličin za použití redukce z kartografického zkreslení (Křovákovo zobrazení) a z nadmořské výšky (nadmořská výška zobrazovací roviny $H' 0, 000$ m n.m.) byly fixovány souřadnice bodů vytyčovací sítě, na kterých bylo provedené GPS měření tj.. bod. Č.. 3017, 3029, 2, 4, 7, 8, 10, 14. Výsledné charakteristiky prvního a druhého řádu jsou uvedeny v příloze VSD.

Souřadnice v lokálním systému LOKAL-206

Následne byly stanoveny souřadnice v systému S-JTSK - LOKAL206, který byl stažen na nadmořskou výšku (nadmořská výška zobrazovací roviny $H' 300, 000$ m n.m.). Fixována byla souřadnice bodu vytyčovací sítě č. 3025, 8002, L 3017 - L3027. Výsledné charakteristiky prvního a druhého řádu jsou uvedeny v příloze VSD.

Výslední lokální souřadnicový systém - byl vztažen na nadmořskou výšku $H' 300$ m Bpv, zobrazení konformní stereografické azimutální. Označení lokálních souřadnic je - LOKAL206. Seznam bodů určených v lokálním systému má předčísli L, například L3001.



Obr. 5.1. Osazení objektu 206

6. Měření v průběhu výstavby

Podrobné vytyčení objektů tvořilo nezbytnou součást geodetických prací při výstavbě mostu 206 na D1 Sverepec - Vrtižer. Před započítím těchto prací byly pro nás důležité následující informace z první předrealizační etapy:

- Způsob, jakým budeme provádět a dokumentovat práce, čili projekt geodetických a kartografických prací, koordinací a vytyčovací výkresy, projekt stavby,

- Požadovaná přesnost provádění prací, přesnost odchylek konstrukcí,

- Podrobnosti o aktualizované vytyčovací síti (body VSD jejich souřadnice a výšky).

Tyto informace musí mít k dispozici geodet dodavatele v každé etapě prací pro stanovení rozsahu prací, zvolení potřebné měřické techniky, postupů při výkonu prací, výpočetní techniku a potřebný software pro zpracování výsledků měření.

6.1. Vytyčovací práce na pracovní spáře lamely

Ustavení bednění jednotlivých lamel bylo prováděno pomocí trigonometrického měření. Projektované hodnoty výšek souřadnic, byly operativně upravovány relativním nadvýšením podle předchozího nivelačního měření na mostovce. Projektant dodal relativné nadvýšení výšek (nadvýšení budoucí pracovní spáry vůči stávající pracovní spáře) pro lamely.

Geodetická měření deformace lamely a vahadel se prováděla na hřbové značky v 4 časových etapách dle výstavby každé lamely. Současně se měřila teplota nosné konstrukce. Obě měření se poslali projektantovi na vyhodnocení a ten je do dvou dnů dle dohody musel vyhodnotit. Geodetické měření deformace lamely a vahadel bylo děláno, pokud to bylo možné v ranních hodinách. Pro zjištění deformace lamely se dělalo proměření výšek ze vztažného bodu vahadla.

6.2. Osazení a vytyčení průchodek ED kabelů

Aby bylo možné dodržet funkci závěsů po napnutí, bylo nutné osadit a zabetonovat průchodku se zohledněním přesností. Při osazení bylo nutno upřednostnit zejména správný směr z kotvy na pylon před měřením a vyhodnocením odchylek samostatných bodů průchodky. Přesnost osazení kotevní desky byla tedy definována standardně, ustavení konce průchodky vyžadovalo zvýšenou přesnost. Tímto způsobem osazení průchodek se eliminuje negativní vliv teploty na geometrii nosné konstrukce. Během osazování a ustavování průchodky nebylo nutno měřit teplotu nosné konstrukce.

krok 1- osazení průchodky do bednění

Před osazením se na průchodce v místě vytyčování bodů vyznačily rysky (nebo jiné vhodné značky) v ose průchodky s přesností $\pm 1\text{mm}$. Osazení se převedlo do bednění nálitků ED kabelů podle výkresů tvaru lamel. Volný konec průchodky se osadil do polohy geodetickým vytyčením se souřadnicemi podle tabulky vytyčení. Přesnost osazení kotevní desky do bednění v souřadnicích systému LOKAL206 musela odpovídat hodnotám $\pm 10\text{mm}$ polohově i výškově.



Obr. 6.1. Vytyčovací minihranol

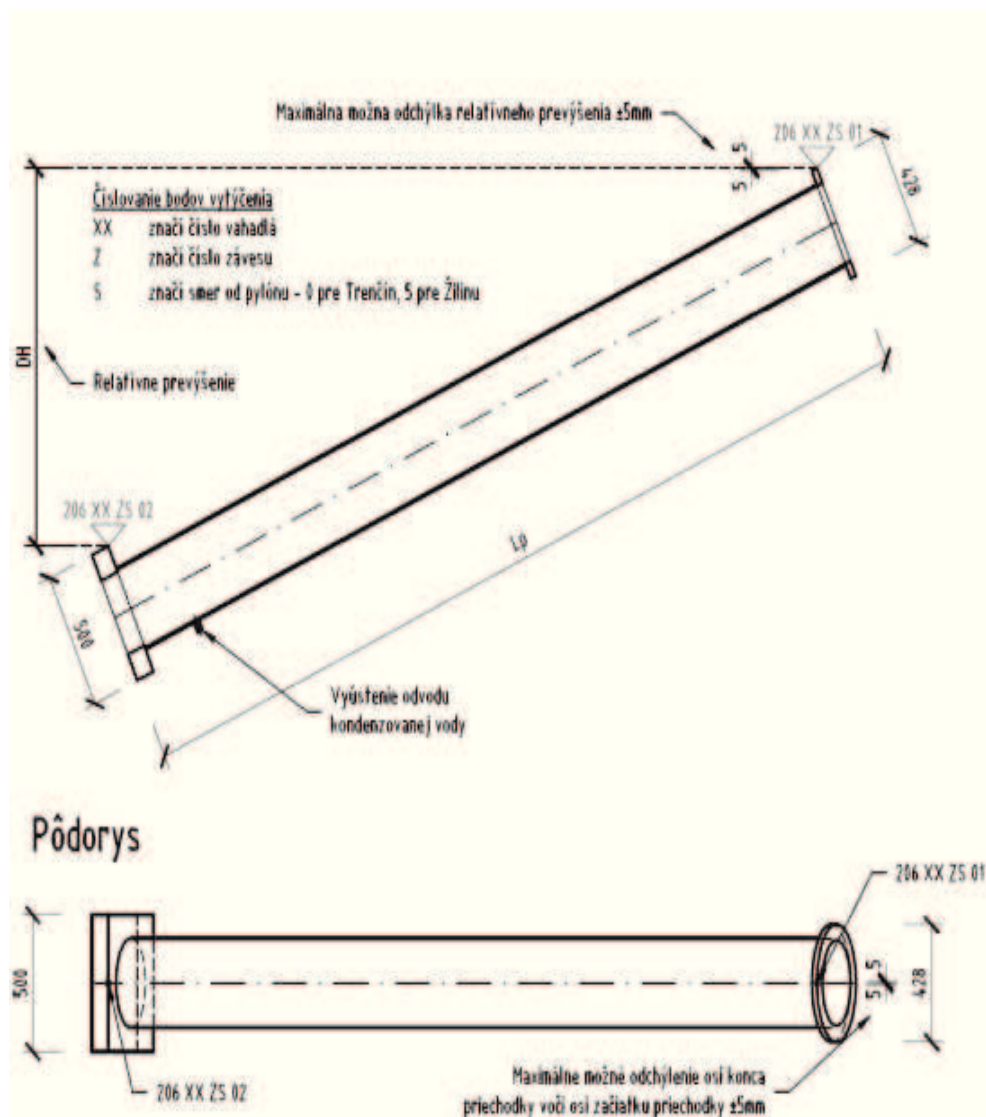
Krok 2 - ustavení a fixace průchodky do správné polohy

Ustavení do správné polohy proběhlo pomocí geodetického zaměření dvou bodů definovaných ve vytyčení. Posunutím volného konce průchodky se docílí předepsaná přesnost.

V podélném směru byla přesnost definována připevněním kotevní desky k bednění - nebylo třeba dále upravovat.

V priečnom smere bolo nutno dodržať odchýlku max. 5mm od polohy osy kotevní desky vŕči ose mostu (co najbližšie spojnici polohy kotevní desky a osy pylónu).

Ve svislém smere se provedla rektifikace do maximální odchylky 5mm hodnoty relativního převýšení. Relativně převýšení bylo pro každou lamelu definované v příloze vytyčení průchodek.



Obr. 6.2. Projektovaná poloha ED přechodek

Závěr prác při z vytyčení průchodek ED kabelů

Na základě požadavku projektanta zvýšená přesnost osazení kotevní desky do bednění v souřadnicích systému LOKAL206 musela odpovídat hodnotám $\pm 10\text{mm}$ polohově i výškově. Ve skutečnosti tento požadavek bylo možné dodržet.

V konkrétním případě uvedeném v příloze při vytyčení průchodky ED kabelů na vahadle č.6 kabelu č.3 směr Žilina bylo zaměřené, že:

-výškové rozdíly v kotevní desce $DH3 = 1\text{mm}$ a na konci průchodky $dh4 = 0\text{mm}$.

-polohové rozdíly souřadnic v kotevní desce $dY3 = -5\text{mm}$ $dX3 = -8\text{mm}$ a na konci průchodky $dY4 = -7\text{mm}$ $dX4 = -7\text{mm}$.

Největší problémy byly s přesností prvotního osazení kotevní desky, protože v těsné blízkosti místa osazení se nacházelo velké množství armatury. Tato byla navázána s velkými polohovými tolerancemi a proto se poloha armatury i opakovaně musela upravovat. Po této úpravě bylo dodržení tolerance na osazení přechodky a její fixaci již jednoduché.

6.3. Geodetické měření

Tak jako pro projektování, i pro výstavbu mostu musel být sestaven zvláštní program kontroly přesnosti parametrů zhotovených částí díla formou opakovaných a pravidelných měření během výstavby. Periodickým sledováním hlavních parametrů prostorové polohy zhotoveného díla i po skončení výstavby a v následném dlouhodobém časovém horizontu po spuštění do provozu by měla být potvrzena provozuschopnost nosné konstrukce spodní i horní stavby mostu. Očekávané výsledky kontrol by měly včas odhalit případné skryté vady.

Cílem monitoringu bylo:

- ověřit vyšší kvalitu realizovaného díla monitoringem vybraných vlastností použitých materiálů
- ověřit projektové výpočty a skutečné statické působení konstrukce
- potvrdit bezpečnost, provozuschopnost a životnost mostu během používání díla v podmínkách provozu.

Požadavkem projektanta bylo, aby se na mostě prováděla následující měření:

- geodetické měření
- měření napjatosti EDK kabelů, měření napjatosti soudržných kabelů, měření teploty konstrukce, měření napjatosti v betonu, měření mechanických vlastností materiálů.

Geodetické měření prováděli zeměměřiči stavby, měření napjatosti a teploty firmy PROJSTAR a VUIS.



Pro geodetické sledování se na konstrukci umístily následující značky: 6 značek v patě piliře (do 0,5 nad terénem), 6 značek v hlavě piliře, v příčném řezu nosné konstrukce 3 značky (před a za podpěrou, ve středu a v čtvrtinách rozpětí), 4 značky v patě pylonu a 4 značky v hlavě pylonu.

Dále probíhalo měření sedání spodní stavby na čepových značkách v patě pilířů s přesností $\pm 1\text{ mm}$. Svislost pilířů byla sledována trigonometricky zaměřování na nalepovací terčíky a to ve dvou navzájem kolmých směrech.

Při hodnocení deformace vo výstavbě od lamely 4 výše potřeboval projektant znát průběh teploty betonu nosné konstrukce v předem zvolených místech. Během výstavby lamel 1 až 3 nebylo třeba měřit teplotu. V součinnosti s geodetickým měřením od lamely 4 probíhalo dle vypracovaného harmonogramu měření teploty čidly v betonu, které se absolvovali v navržených řezech. Dále bylo dohodnuto

předávání podkladů projektantovi elektronickou cestou do 24 hodin od zaměření. Projektant do 24 hodin zpracoval korekci nadvýšení a vozík se nastavil do definitivní polohy.



Obr.6.4. Geodetické měření

6.4. geodetický monitoring realizace výstavby

Četnost měření spodní stavby:

- po dobudování podpěry
- po dobudování zárodku
- po dobudování pylonu po dobudování každé lamely (po předepnuté)
- před zatěžovací zkouškou
- během zatěžovací zkoušky.

Frekvence měření NK:

- Po betonáži (před předpjatým) včetně teploty
- Po předepnuté včetně teploty
- Po napnutí závěsu včetně teploty
- Po napnutí ED lan.

V průběhu výstavby nosné konstrukce se pro geodetický monitoring využívalo metody geometrické nivelace. Požadovaná relativní přesnost byla 1mm v rámci jednoho vahadla. Každému základnímu referenčnímu bodu (osa podpěry na zárodku) byla určena výška trigonometricky a pak výšky zbývajících bodů byly určovány pomocí geometrické nivelace.

Hlavní a jeho kontrolní výškový bod v ose podpěry (zárodku) byl určen s přesností do 3mm) a jeho výška byla ověřená po předeptnutí lamely 5 a předeptnutí lamely 9. Měření dle požadavků se provádělo v ranních hodinách (rovnoměrná teplota mostu).

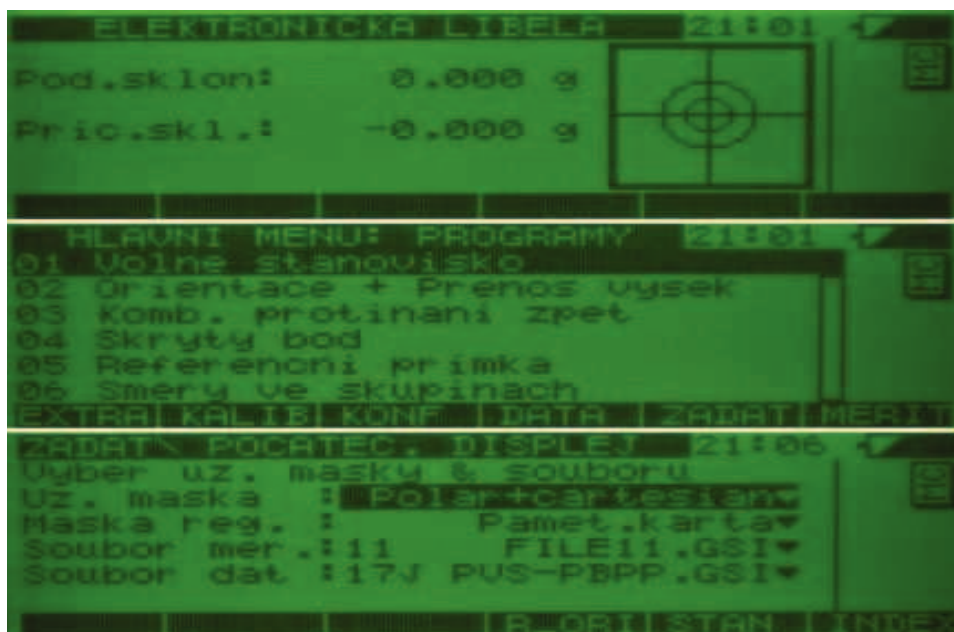


Obr. 6.4. Měření při balastním zatížení

7. Číselné a grafické vyhodnocení naměřených údajů

7.1. Práce v terénu

U měřických prací se využívalo i aplikačních programů totální stanice Leica TC 1800. Nejprve byl použit program "výpočet polohy z měření volného stanoviště protínání zpět". Masky ukládaných naměřených dat umožňuje formu zápisu aktuálních souřadnic a také doplňujících poznámek.

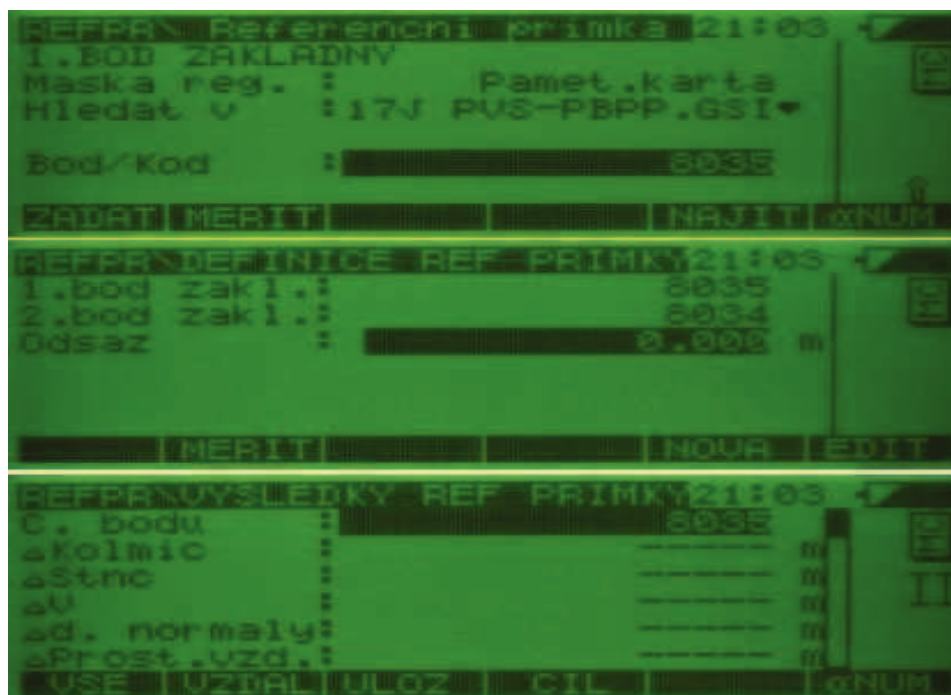


Obr. 7.1. Hlavní menu TC1800

Nevýhoda tohoto způsobu je nemožnost pozdějšího vyloučení chybného dílčího měření z výpočtu, proto je nutné při orientacích a výpočtu pozorně vybírat naměřené údaje, které do výpočtu vstupují. Při následném vyhodnocení se do zpracování načítají jenom samotné seznamy souřadnic.

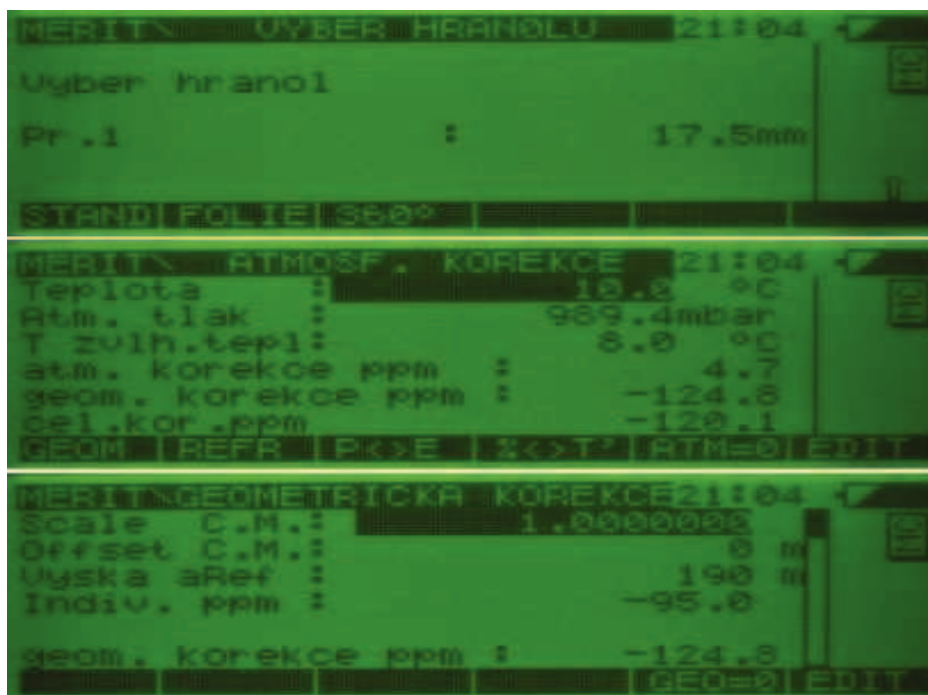
V daném případě je osa celého mostu přímá a prochází středem piliřů. Jednotlivé pracovní spáry lamel musí být kolmé na osu mostu a jsou od sebe stejně

vzdáleny. Při vytyčování konstrukčních prvků mostu byl ve většině případů používán další z aplikačních programů totální stanice TC 1800, který se nazývá "referenční přímka".



Obr. 7.2. Menu TC1800 "referenční přímka"

V tomto programu byl vytyčovaný bod uložen v seznamu souřadnic. Ten se ztotožní s prvním bodem přímky. Jako druhý se zvolí bod v rovnoběžném případně kolmém směru k ose mostu vzhledem k prvnímu bodu. Po nastavení druhu cíle (jeho adiční konstanty), výšky a jeho změření se zobrazily v totální stanici TC1800 přímo pravoúhlé souřadnicové rozdíly jako vzdálenosti a převýšení od vytyčovaného bodu.



Obr. 7.3. Menu TC1800 nastavení korekcí

Záznam z měření na paměťovém médiu přístroje je uložen v seznamu souřadnic v *. GSI souboru a *. log souboru, ve kterém je uložen výpočet stanoviska spolu s chybami orientace přístroje a zvolené referenční přímky.

Pro geometrickou nivelaci byl používán digitální nivelační přístroj Leica Na3003 s nivelační invarovou latou. Invarová stupnice v nivelační late s čárovým kódem 2 m byla doplněna o osvětlovací těleso pro ranní měření za zhoršených světelných podmínek. Naměřená převýšení se zaznamenávala do měřického zápisníku.

7.2. Kancelářské práce

Pro komunikaci s totální stanicí TC1800 a PC se používal software Coordinate Editor od Leica survey office, který spolupracoval v tabulkové formě s programem Excel pro editaci seznamu souřadnic. Také umožňuje vytvoření seznamu v textovém tvaru, které se dají okamžitě zpracovat v grafických prostředích.

Pro grafické výstupy bylo využito softwarové nadstavby NeuMap grafického prostředí AutoCad 2006. Pomocí tohoto programu se vyhodnocovala všechna polohopisná měření a rovněž připravovali podklady pro vytyčování stavebních částí. Jeho funkcemi se zjednodušuje vytváření měřických příloh pro zobrazení odchylek konstrukcí, zpracování terénního modelu, řezů a výpočet kubatur z profilů nebo vrstevnic. Grafické zpracování je také důležité pro kompletní dokumentaci a archivaci prací, kde značení grafické dokumentace musí být jednotné s číselnými a textovými přílohami.

Vyhodnocování geometrické nivelace zaznamenané v měřickém zápisníku se provádělo v tabulkovém software Excel s cílem získat relativní převýšení od vztažného bodu. Výsledky se neprodleně odesílaly projektantovi prostřednictvím internetu společně s naměřenou teplotou za účelem stanovení nadvýšení pro rektifikaci bednicího vozíku lamely.

V předchozích kapitolách jsou podrobně rozebrány průběh a postupy predrealizačních, realizačních i porealizačních geodetických prací v rámci výstavby stavebního objektu 206 úseku dálnice Sverepec - Vrtižer. Osobně jsem se podílel ve většině geometrických měření které probíhaly v průběhu výstavby tohoto objektu.

Záver

Tato práce dílčím způsobem řeší problematiku geodetických měření v průběhu výstavby dálničního úseku Sverepec – Vrtižer v Povážské Bystrici. Byl to významný projekt na Slovensku. Jeho realizace byla složitá a náročná také na koordinaci geodetických prací.

Moje působení bylo na objektu 206, který je součástí hlavní městské estakády a patří v současné době mezi dominantní prvky města. Protože jsem předtím pracoval převážně v oblasti katastru, byla tato nová akce pro mě přínosnou zkušeností. Seznámil jsem se se specifiky inženýrské geodesie zaměřené na výstavbu mostních objektů.

Zkušenosti a poznatky z realizace staveb daného typu potvrzují, že každý mostný objekt vyžaduje samostatný přístup i k řešení geodetických problémů, přičemž lze při řešení využít některé všeobecně platné zásady a postupy v technologiích měřických a vytyčovacíh prací. Čím složitější je objekt z hlediska technologie výstavby, tím důležitější a náročnější jsou i geodetická kontrolní měření. Základním předpokladem úspěšné realizace geodetických měření v podmínkách výstavby mostních objektů je dobrá znalost vlastního prováděcího projektu technologie stavebních, resp. montážních prací, vhodná volba vytyčovacího systému, vytyčovacíh metod a souvisejících úkonů.

Věřím, že tato práce bude přínosem pro lepší pochopení podstaty geodetických prací souvisejících s problematikou výstavby mostů technologií letmé betonáže.

Seznam literárúry:

1. STANĚK, V.: *Meranie posunov a deformácií pri zaťažkových skúškach mostných objektov*. In: *Geodetické práce pri výstavbe a prevádzke mostných objektov*, Liptovský Ján 1985
2. STANĚK, V. a kolektiv: *Geodetické práce pri zaťažovacej skúške mosta Mládeže v Bratislave*, GaKO 1991
3. MAJDÚCH, D., BOLHA, Ľ.: *Betonové mosty*, SVŠT Bratislava 1977
4. ZVARA, J. : *Betonové mosty*, SVŠT Bratislava 1985
5. NOVÁK, Z., PROCHÁZKA, J.: *Inženýrská geodézie 10*, Skripta ČVUT 1998
6. MICHALČÁK, O., STANĚK, V., VESELÝ, M.: *Inženýrská geodézia II.*, Alfa Bratislava 1990
7. CHANDOGA, M., SEDLÁK, J., PRITULA, A., KUCHARIK, J.: *Zaťažovacia skúška skúšobnej lamely extradosového mosta v Povážskej Bystrici*, *Inžinierske stavby* 2010
8. TEVEC, G.: *Betonárske vozíky pri letnej betonáži mosta v Povážskej Bystrici*, *Inžinierske stavby* 2010
9. 948 1211 I/93 Instrukce na práce v polohových bodových polích UGKK SR 20.12.1994 č. NP-3638/1994,
10. 948 130 I/82 Instrukce na práce ve výškových bodových polích SÚGK 21.6.1982 č. 3-2169/1982,
11. STRÁNSKY, HUSTÝ, a kolektiv: *Instrukce pro základní náležitosti dokumentace na realizaci stavby (DRS)* Brno 2006,
12. STN 73 0415 Geodetické body
13. STN 73 0416 Měřické značky stabilizovaných bodů v geodézii
14. STN 73 0210-1 Geometrická přesnost ve výstavbě, Přesnost osazení
15. STN 73 0210-2 Geometrická přesnost ve výstavbě, Přesnost monolitických betonových konstrukcí
16. STN 73 0212 Přesnost geometrických parametrů ve výstavbě, kontrola přesnosti
17. STN 73 0422 Přesnost vytyčování liniových a plošných stavebních objektů
18. STN 73 2400 Provádění a kontrola betonových konstrukcí
19. STN 73 2611 Úchyly rozměrů a tvarů ocelových konstrukcí

Seznam obrázků:

- Obr. 2.1. Situace mostu 206 v Povážské Bystrici
- Obr. 2.2. Detail části mostu 206
- Obr. 2.3. Schéma konstrukce
- Obr. 2.4. Stabilizace vahadla
- Obr. 2.5. Kotvení závěsů
- Obr. 2.6. Průběh sil v rámci příčného řezu
- Obr. 2.7. Pohled na betonářskej vůz
- Obr. 3.1. Rektifikace zárodku pilíře
- Obr. 4.1. Nucena centrace TC1800 v pilíři
- Obr. 4.2. Nivelační lata
- Obr. 4.3. Totální stanice Topcon GTS-300
- Obr. 5.1. Osazení objektu 206
- Obr. 6.1. Vytyčovací minihranol
- Obr. 6.2. Projektovaná poloha ED přechodek
- Obr. 6.3. Schéma osazení sledovacích měřických značek spodní stavby
- Obr. 6.4. Měření při balastním zatížení
- Obr. 7.1. Hlavní menu TC1800
- Obr. 7.2. Menu TC1800 "referenční přímka"
- Obr. 7.3. Menu TC1800 nastavení korekcí

Seznam příloh:

1. Projektová dokumentace
2. Měřičské práce na spodní stavbě
3. Měřičské práce na horní stavbě
4. Vrstevnicový plán pro finální úpravu povrchu vahadla
5. Zápisník z naměřených hodnot a pomocných údajů z totální stanice TC1800